

**PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DALAM
PERHITUNGAN DEBIT LIMPASAN di DAS KAMONING
KABUPATEN SAMPANG**

Usri Amrullah¹, Indradi Wijatmiko², M. Ruslin Anwar²
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email : amroesrie27@Gmail.com

ABSTRAK

Kabupaten Sampang yang dilalui sungai Kamoning sepanjang ± 30 Km dengan kecamatan kota sebagai daerah hilir yang seringkali meluap. Oleh karena itu Analisa pengumpulan data dan analisa hidrologi merupakan pijakan awal yang sangat menentukan efektifitas dari langkah perencanaan dan rekayasa di bidang keairan pada DAS Kamoning. Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan metode yang dapat digunakan dalam melakukan analisa hidrologi dengan berbasis data spasial, khususnya dalam menghitung debit limpasan akibat banjir. Metode yang dipakai dalam menghitung debit limpasan akibat hujan menggunakan metode Rasional, dengan data awal yang dipergunakan berupa peta tata guna lahan, topografi, peta batas administrasi, dan data hidrologi berupa data curah hujan harian. SIG digunakan untuk menghitung variabel-variabel dalam persamaan metode rasional dengan analisa overlay, dan analisa proximity yang telah tersedia dalam ArcGis 10.1. perhitungan dilakukan dengan dua cara yaitu dengan SIG dan cara manual, dengan maksud untuk mengetahui sejauh mana perbedaan proses dan hasil perhitungan dengan kedua cara tersebut. Pengolahan SIG memperoleh hasil perhitungan berupa luas DAS sebesar $\pm 397,8 \text{ Km}^2$, sedangkan dengan cara manual sebesar $\pm 391 \text{ Km}^2$. Besar debit rancangan akibat hujan hasil pengolahan SIG untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun berurutan sebesar $372,913 \text{ m}^3/\text{d}$, $443,993 \text{ m}^3/\text{d}$, dan $485,725 \text{ m}^3/\text{d}$. Sedangkan besar debit rancangan akibat hujan hasil pengolahan dengan cara manual untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun berurutan sebesar $348,034 \text{ M}^3/\text{d}$, $413,263 \text{ M}^3/\text{d}$, dan $452,106 \text{ M}^3/\text{d}$.

Kata kunci : DAS Kamonig, SIG, Debit limpasan, *ArcGis 10.1*, Metode Rasional

PENDAHULUAN

Kabupaten Sampang memiliki luas daerah $1.233,02 \text{ Km}^2$ atau sekitar 23 % dari luas pulau Madura. Terletak di antara $6^{\circ}50''$ - $7^{\circ}13''\text{LS}$. dan $113^{\circ}04''$ - $113^{\circ}24''\text{BT}$. Memiliki bukit di tengah dan daerah pantai yang berada di sebelah utara dan selatan dan berada pada ketinggian 290 m diatas permukaan laut. Kabupaten Sampang dilalui sungai Kamoning sepanjang ± 30 Km dengan kecamatan kota sebagai daerah hilir.

Dari sungai inilah seringkali terjadi luapan kecil dengan periode tahunan dan luapan besar dengan periode

lima tahunan. Debit limpasan akibat hujan adalah hal utama yang turut berkontribusi besar dalam menyebabkan banjir. Metode Perhitungan debit limpasan akibat hujan sangat beragam dan terus berkembang hingga saat ini. Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan metode yang dapat digunakan dalam melakukan analisa hidrologi dengan berbasis data spasial.

Dalam penggunaan *software* SIG, kita dapat mengukur dan memperoleh data-data yang diperlukan dalam perhitungan debit limpasan. Variabel perhitungan debit limpasan permukaan dengan menggunakan

metode rasional memerlukan nilai dari hasil pengukuran geometri batas luas DAS, panjang saluran dan juga topografi daerah yang ditinjau.

Untuk mengetahui sejauh mana SIG dapat dimanfaatkan dalam menghitung debit limpasan berdasarkan data yang diperoleh, maka dilakukan juga perhitungan dengan cara manual. variabel dan aspek penting yang dirumuskan dalam penelitian ini berupa bentuk dan Luas DAS, cara perhitungan debit limpasan, nilai debit rancangan, serta perbedaan proses antara penggunaan SIG dan cara Manual. proses perhitungan, data sekunder dan hasil perhitungan untuk memperoleh hal-hal diatas tersebut nantinya dapat digunakan sebagai dasar acuan dalam perencanaan hidrologi yang berkaitan dengan karakteristik DAS, acuan penentuan nilai debit banjir dalam

penelitian keairan atau perencanaan bangunan air pada sungai Kamoning, dan dasar pertimbangan dalam menentukan proporsi tata guna lahan pada DAS Kamoning Kab. Sampang.

Teori-teori yang digunakan dalam analisa dan perhitungan di dalam kajian ini ialah berkaitan dengan Limpasan permukaan; Metode Rasional; daerah aliran sungai; pengecekan data hujan dengan Kurva Massa Ganda, curah hujan rata-rata daerah dengan menggunakan *Thiessen*. distribusi peluang curah hujan dengan menggunakan Log Pearson tipe III, uji distribusi dengan menggunakan metode Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorof. Menentukan intensitas hujan dengan rumus Mononobe, dengan waktu konsentrasi menggunakan rumus Kirpich.

Tabel 1. Koefisien pengaliran (C) untuk rumus rasional

Deskripsi lahan/ karakter permukaan	koeisien pengaliran (C)		
Bisnis			
Perkotaan	0,7	-	0,95
Pinggiran	0,5	-	0,7
Perumahan		-	
rumah tinggal	0,3	-	0,5
multiunit terpisah	0,4	-	0,6
multiunit tergabung	0,6	-	0,75
Perkampungan	0,25	-	0,4
Apartemen	0,5	-	0,7
Perkerasan			
aspal dan beton	0,7	-	0,95
batu bata, paving	0,5	-	0,7
halaman berpasir			
datar (2%)	0,05	-	0,1
curam (7%)	0,15	-	0,2
halaman tanah			
datar (2%)	0,13	-	0,17
curam (7%)	0,18	-	0,22

Sumber : Kamiana (2010:85)

Tabel 2. Koefisien pengaliran (C) untuk rumus rasional daerah pertanian

Lahan		Loam berpasir	Lempung siltloam	Lempung padat
hutan kemiringan	0-5%	0,10	0,30	0,40
	5-10%	0,25	0,35	0,50
	>10%	0,30	0,50	0,60
padang rumput/semak-semak kemiringan	0-5%	0,10	0,30	0,40
	5-10%	0,15	0,35	0,55
	>10%	0,20	0,40	0,60
tanah pertanian kemiringan	0-5%	0,30	0,50	0,60
	5-10%	0,40	0,60	0,70
	>10%	0,50	0,70	0,80

Sumber : subarkah (1980:60)

Klasifikasi koefisien pengaliran lahan berdasarkan tataguna lahan dan kemiringan lahan. penerapan GIS adalah untuk mendapatkan variabel-variabel perhitungan diatas yang berkaitan dengan geometri dan analisa spasial yang kemudian dihitung berdasarkan rumus Metode Rasional. Analisa yang digunakan dalam ArcGis 10.1 yang dipakai dalam kajian ini berupa anlisis *Overlay layer*, dan analisis *Proximity*.

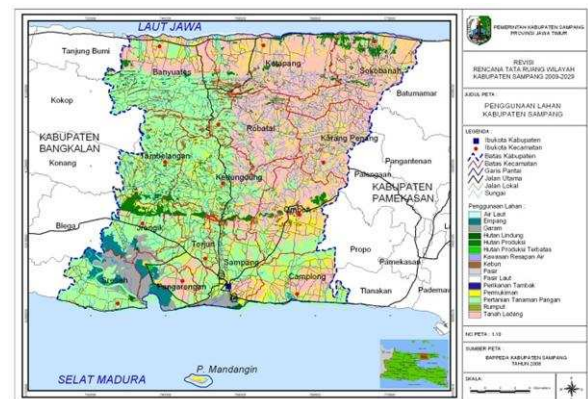
METODE KAJIAN

Metode penulisan skripsi yang digunakan untuk membahas kajian diatas menggunakan metode studi literatur dan observasi lapangan.

Data awal yang digunakan dalam kajian ini berupa :

a) Data spasial :

1. Peta Rencana Tata guna Lahan tahun 2009-2029, dikeluarkan oleh BAPPEDA Kabupaten Sampang, diperoleh dalam format *shapefile* (.shp),



Sumber : Dinas Bappeda Kabupaten Sampang (2013)

2. Peta Batas Adminstrasi

Kecamatan, dikeluarkan oleh BAPPEDA Kabupaten Sampang, diperoleh dalam format *shapefile* (.shp),

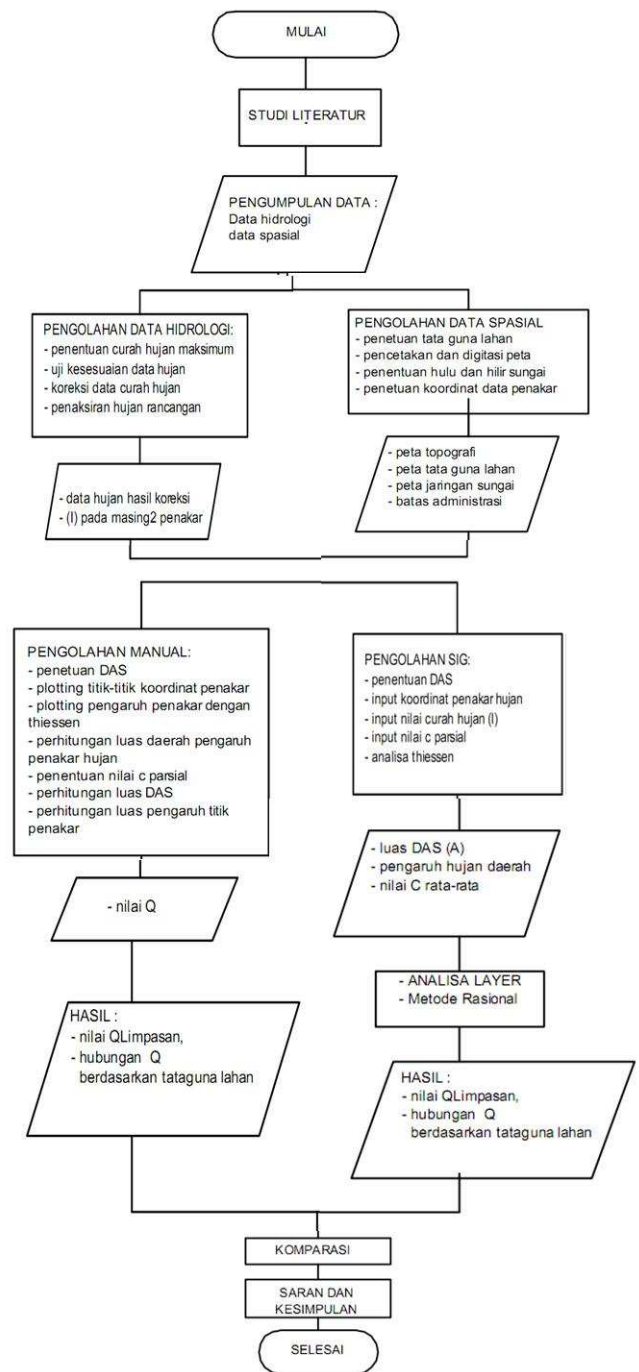
3. Koordinat pos penakar hujan, dikeluarkan oleh Dinas Pengairan Kabupaten Sampang, Data NASA-SRTM 90, dikeluarkan oleh NASA (National Aeronautics and Space Administration), Amerika Serikat. Dapat didownload di :

[http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTI
ON/inputCoord.asp](http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTI
ON/inputCoord.asp), dengan format
data ASCII.,

4. Peta Kontur, Interval 12,5 m dan
Peta jaringan sungai
- b) Data hidrologi berupa :
 1. Data curah hujan harian pos
penakar Sampang, Camplong,
Omben, Kedungdung, Ketapang,
Banyuates, Torjun, Jrengik, dan
Sokobanah periode tahun 2002-
2012 , dikeluarkan oleh Dinas
Pengairan Kabupaten Sampang.

Perangkat yang digunakan dalam
kajian ini berupa software ArcGis 10.1,
perangkat lunak SIG diluncurkan oleh
ESRI.; AutoCad 2010, digunakan untuk
mengGambar CAD 2 dimensi dan 3
dimensi, diluncurkan oleh Autodesk;
Ms. Excel 2007, dikeluarkan oleh
Microsoft; Windows 7, sistem operasi
yang digunakan untuk menjalankan
ketiga aplikasi diatas, serta perangkat
komputer yang mendukung unuk
menjalankan semua program diatas.

Dari data diatas, kemudian data-data
trsebut diolah dalam ArcGis 10.1 untuk
mendapatkan nilai-nilai variabel dalam
Metode Rasional, berupa luas DAS (A,
 Km^2), intensitas hujan (I, mm/jam), dan
koefisien pengaliran lahan rata-rata
($C_{\text{rata-rata}}$). Begitu juga dengan
pengolahan secara manual.



Gambar 1 Diagram Alir

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

1. Pengecekan Kualitas Data Hujan

Data hujan yang digunakan
dalam studi kali ini diperoleh dari

beberapa stasiun pengamatan yang tersebar di 9 kecamatan. Data yang digunakan berasal dari stasiun pengamatan Sampang, Camplong, Omben, Kedungdung, Ketapang, Banyuates, Torjun, Jrengik, dan Sokobanah. Data hujan yang digunakan dalam studi kali ini adalah data hujan periode tahun 2002 – 2011.

Uji konsistensi dengan kurva massa berganda dengan cara memplot data dari satu stasiun penakar dan membandingkan dengan stasiun yang lain, kemudian di plot pada grafik tipe *scatter* dengan sb.Y sebagai kumulatif stasiun Banyuates, dan sb.X sebagai

Tabel 3. Curah hujan harian maksimum

tahun	curah hujan harian maksimum (mm)								
	sta. Banyuates	sta. Ketapang	sta. Sokobanah	sta. Sampang	sta. Omben	sta. Camplong	sta. Torjun	sta. Kedungdung	sta. Jrengik
2002	120	88	95	75	169	42	137	160	135
2003	60	75	60	70	85	76	103	50	76
2004	90	65	75	76	70	72	57	101	29
2005	8	69	95	51	93	65	104	57	107
2006	60	115	75	96	141	200	105	60	63
2007	100	100	88	132	88	112	135	43	146
2008	96	122	90	80	56	70	67	75	70
2009	99	85	121	64	115	46	110	30	66
2010	90	122	170	89	48	68	210	65	88
2011	80	80	92	67	50	64	64	69	96

Sumber : Dinas Pengairan Kabupaten Sampang (2011)

kumulatif stasiun pembanding. Apabila setelah diplot pada grafik, membentuk garis lurus, atau tidak terjadi perubahan kemiringan yang mencolok, maka dapat dikatakan data tersebut konsisten dan dapat digunakan.

Berdasarkan hasil uji konsistensi data hujan terdapat dua stasiun pengamatan yang dinyatakan tidak konsisten dan telah dikoreksi, yaitu

Terlihat dalam Grafik uji konsistensi data stasiun Camplong menunjukkan adanya perubahan kemiringan berupa patahan garis yang mencolok pada tahun 2006 dan data pada tahun 2009. Sehingga perlu

dilakukan koreksi untuk memperbaiki data stasiun Camplong dan Sokobanah.

Slope periode 2002-2005 adalah sebesar :

$$\frac{256-42}{348-122,375}=0,946$$

Slope periode 2005-2006 adalah sebesar :

$$\frac{455-255}{437,4-348}=2,237$$

Slope periode 2008-2009 adalah sebesar:

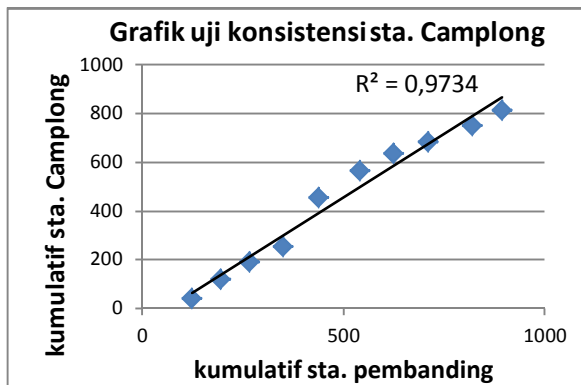
$$\frac{683-737}{623,37-541}=0,5433$$

Faktor koreksi tahun 2006 :

$$\frac{0,946}{2,237}=0,422$$

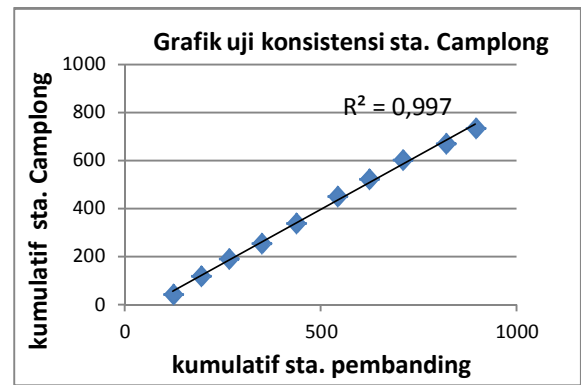
Faktor koreksi tahun 2009 :

$$\frac{0,946}{0,5433}=1,77$$



Gambar 2. Grafik uji konsistensi Stasiun camplong.

Maka data pada tahun 2006 dan 2009, dikalikan dengan faktor koreksi sebesar 0,422 dan 1,77 untuk mendapatkan kemiringan yang sesuai dengan data periode 2002-2005



Gambar 3. Grafik uji konsistensi Sta. Camplong hasil Koreksi.

Tujuh stasiun dari sembilan stasiun dapat dikatakan konsisten. Maka data hasil koreksi dari stasiun diatas dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

Tabel 4. Data curah hujan harian maksimum hasil koreksi

TAHUN	curah hujan harian maksimum (mm)								
	sta. Banyuates	sta. Ketapang	sta. Sokobanah	sta. Sampang	sta. Omben	sta. Camplong	sta. Torjun	sta. Kedungdung	sta. Jrengik
2002	120	88	95	75	169	42	137	160	135
2003	60	75	60	70	85	76	103	50	76
2004	90	65	75	76	70	72	57	101	29
2005	8	69	95	51	93	65	104	57	107
2006	60	115	75	96	141	84,37	105	60	63
2007	100	100	88	132	88	112	135	43	146
2008	96	122	90	80	56	70	67	75	70
2009	99	85	121	64	115	81,42	110	30	66
2010	90	122	100,31	89	48	68	210	65	88
2011	80	80	92	67	50	64	64	69	96
2012	79	91	95	80	44	42	70	33	65

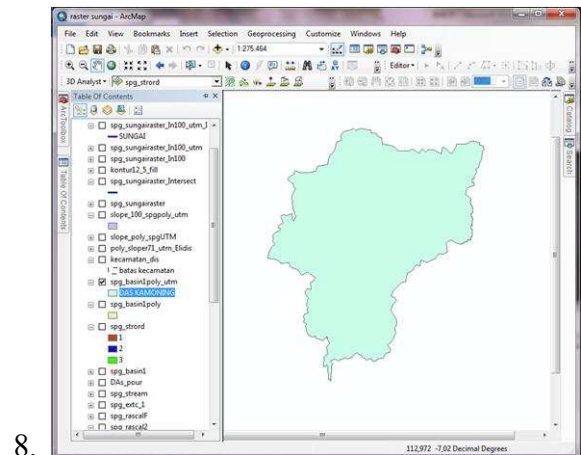
Penentuan daerah aliran sungai dengan SIG

Proses penentuan batas-batas DAS dengan SIG menggunakan *software* ArcGIS 10.1. Data yang digunakan untuk mengolah DAS dalam SIG adalah:

1. Data topografi SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*)
2. Peta batas Administrasi wilayah Kab. Sampang dengan format file (.Shp),
3. Peta batas administrasi kecamatan Kabupaten Sampang (.shp)

Tahapan dalam menentukan DAS dengan ArcGIS 10.1 :

1. Mengolah data DEM, Data SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) yang dikeluarkan oleh NASA, perlu ditransformasikan terlebih dahulu ke dalam format yang dapat dibaca di ArcGIS sebagai data DEM (*Digital Elevation Model*), dengan menggunakan *tools : Conversion tools-ASCII to raster*
2. Mengkoreksi data DEM dengan, *analyst tools – hydrology – fill*.
3. Mengkomputasi *flow direction*, untuk menentukan arah aliran air berdasarkan nilai elevasi pada data DEM, dengan *spatial analyst tools – hydrology - flow direction*.
4. Mengkomputasi *flow accumulation*, *spatial analyst tool – hydrology – flow accumulation*.
5. Menentukan orde sungai dengan *stream order*, fasilitas ini digunakan untuk menentukan orde sungai sebagai batasan sungai yang akan ditinjau dalam analisis selanjutnya, dengan menggunakan *ArcToolbox – Hydrology – stream order*.
6. Menentukan DAS dengan data DEM, *generate* batas DAS secara otomatis pada seluruh wilayah data DEM dengan fasilitas yang tersedia pada ArcToolbox, dengan memilih *spatial analyst tools – hydrology – basin*
7. Menyeleksi DAS yang akan dianalisis, dengan terlebih dahulu mengubah format data dari *raster* hasil *generate* menjadi *shape file* (.shp).



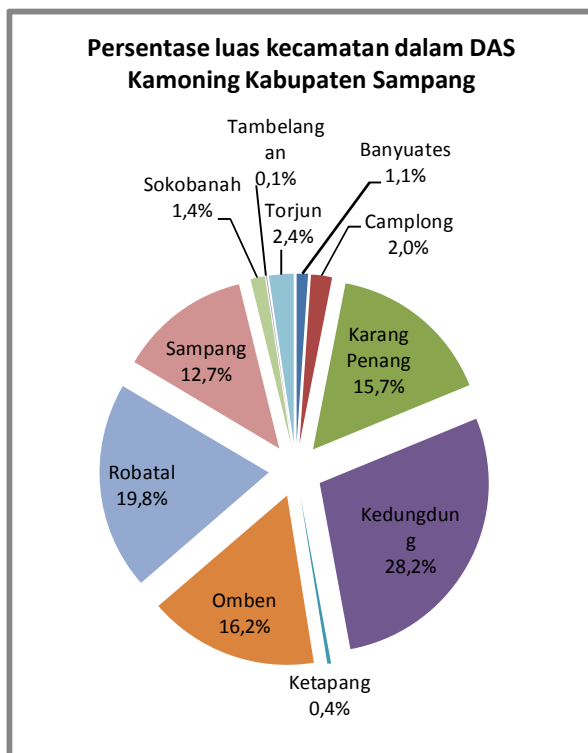
8. **Gambar 5.** Tampilan DAS Kamoning pada ArcMap.

9. Menghitung luasan DAS, klik kanan pada layer DAS dalam *table of content – open attribute table – tabel option – add field*. klik kanan pada kolom yang baru – *calculate geometries – area* – pilih satuan luasan. Pastikan layer sudah terproyeksi kedalam dalam sistem proyeksi UTM_WGS_1984_zone 49S, dengan cara *data management tools – projection and transformation – feature – project*
10. Overlay DAS pada peta wilayah kecamatan Kabupaten Sampang, Analisis *overlay* bertujuan untuk mengetahui letak dan luas kecamatan yang menjadi bagian dari DAS Kamoning. Analisis *overlay* menggunakan fasilitas dalam ArcToolbox; *analysis tool-overlay-intersect*

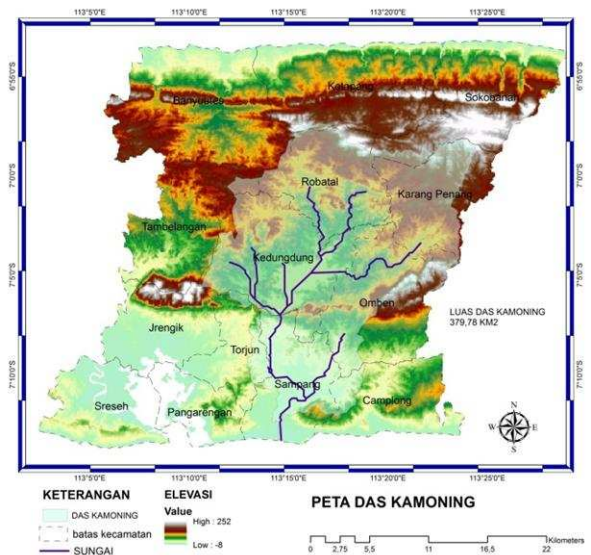
Tabel 5. Luas DAS Kamoning pada wilayah kecamatan dengan SIG

KECAMATAN	LUAS (Km ²)
Banyuates	4,23
Camplong	8,09
Karang Penang	62,63
Kedungdung	112,26
Ketapang	1,52
Omben	64,55
Robatal	78,79
Sampang	50,40
Sokobanah	5,51
Tambelangan	0,32
Torjun	9,47
jumlah	397,78

Sumber : hasil analisis ArcGIS



Gambar 6. Diagram persentase luas kecamatan dalam DAS Kamoning Kabuapten Sampang dengan analisis SIG



Gambar 7. Peta DAS Kamoning Kabupaten Sampang

Penentuan Daerah Aliran Sungai Dengan Cara Manual

Penentuan Daerah Aliran Sungai dengan cara manual memerlukan setidaknya dua macam peta, yaitu peta topografi atau kontur dan peta jaringan sungai. Data untuk menentukan DAS secara manual yang digunakan dalam studi ini berupa:

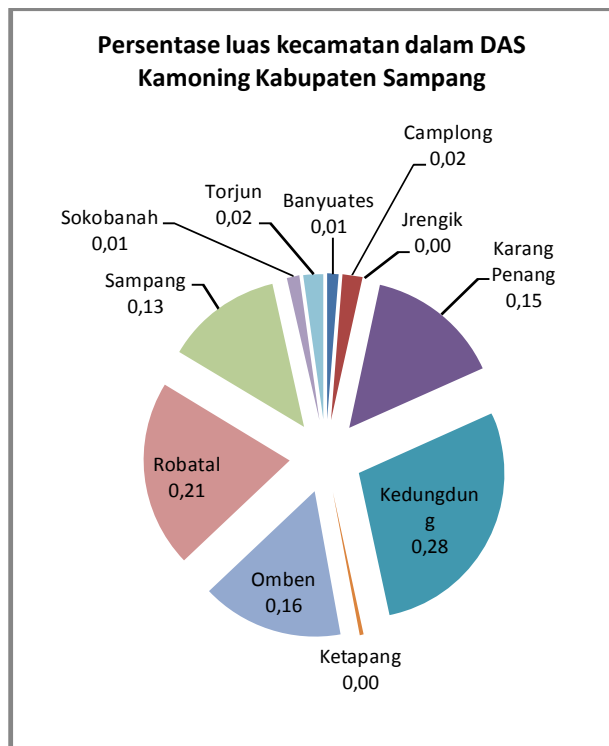
1. Peta Topografi interval 12,5 m, didapat dari olah SIG (.cad)
2. Peta jaringan sungai, dengan format (.cad)
3. Peta wilayah kecamatan Kabupaten Sampang, didapat dari BAPPEDA Kabupaten Sampang dengan format (.cad)

dalam Proses manual untuk menentukan DAS digunakan software Auto Cad 2012. Penggunaan software Auto Cad bertujuan untuk menggantikan fungsi alat planimetri yang biasa digunakan dalam mengukur luasan gambar berskala. Beberapa tahapan yang dilakukan dalam menentukan DAS secara manual adalah :

1. Menentukan batas DAS
2. Menentukan luasan DAS dengan Auto Cad 2012
3. Menghitung luas DAS pada wilayah administrasi kecamatan

Tabel 6. Luas DAS Kamoning pada wilayah Kecamatan secara manual

KECAMATAN	LUAS (Km ²)	PERSENTASE (%)
Banyuates	4,77	1,222
Camplong	8,63	2,210
Jrengik	0,01	0,003
Karang		
Penang	58,24	14,912
Kedungdung	110,45	28,282
Ketapang	1,88	0,481
Omben	61,75	15,811
Robatal	80,73	20,670
Sampang	50,29	12,878
Sokobanah	5,33	1,366
Torjun	8,46	2,167
jumlah	391	100



Gambar 8. Diagram persentase luas kecamatan dalam DAS Kamoning Kabupaten Sampang dengan analisis manual

Perbandingan Luas DAS Dengan SIG dan Cara Manual

Hasil analisis dengan SIG dan manual, memberikan hasil yang berbeda. Perbedaan hasil dipengaruhi oleh ketelitian dalam mengambil keputusan dalam menentukan batas-batas berdasarkan nilai elevasi dan arah aliran, serta metode dan software yang dipakai.

Tabel 7. Selisih luasan DAS dengan SIG dan manual

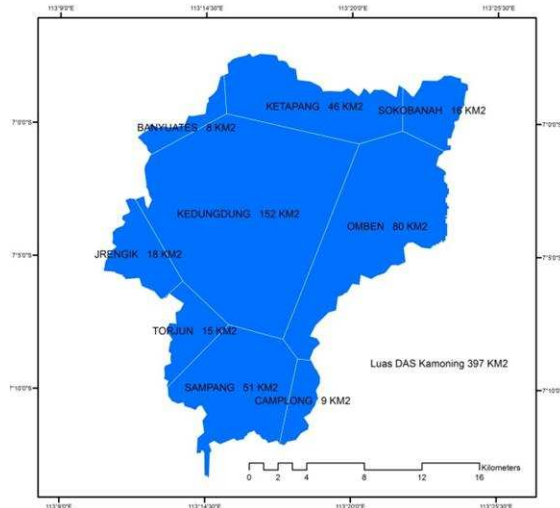
CARA ANALISIS	LUAS DAS (Km2)	LUAS SELISIH (Km2)	Kr (%)
SIG	397,78	6,78	1,704459752
Manual	391		

Sumber : hasil perhitungan

Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

Curah hujan rerata daerah dihitung menggunakan data hujan harian maksimum yang didapat dari hasil pengamatan 9 pos stasiun yang telah disebutkan sebelumnya. Curah hujan rerata daerah dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar curah hujan suatu daerah yang ditinjau diwakili oleh pos pengamatan yang terdiri lebih dari satu. Rata-rata curah hujan dihitung dengan mengalikan data pengamatan suatu pos dengan faktor *Thiessen*. Faktor

Thiessen ialah faktor berdasarkan luas daerah yang terwakili oleh pos hujan yang didapat dari metode *Thiessen*, dibagi dengan luas DAS atau area yang menjadi tinjauan.



Gambar 9. Luas pengaruh curah hujan *polygon Thiessen* dengan SIG

Tabel 8. Koefisien *Thiessen*

stasiun	luas (km2)	koefisien <i>Thiessen</i>
CAMPLONG	9,374	0,02
BANYUATES	8,438	0,02
KETAPANG	46,244	0,12
SOKOBANAH	16,421	0,04
SAMPANG	51,322	0,13
OMBEN	80,22	0,20
TORJUN	15,225	0,04
KEDUNGUNG	152,049	0,38
JRENGIK	18,486	0,05
total	397,779	1
LUAS DAS	397,779	

Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Untuk memperkirakan curah hujan rencana maksimum dan banjir dengan peluang tertentu yang mungkin

terjadi digunakan distribusi Log Pearson Type III

1. Menentukan nilai logaritma dari semua nilai X
2. Menghitung nilai rata-rata $\overline{\log X}$

$$= (\sum \log x)/n$$

$$= 19,055 / 10 = 1,905$$
3. Menghitung nilai deviasi standar (S Log X)

$$= \sqrt{\frac{0,07069}{10-1}} = 0,088$$
4. Menghitung nilai koefisien kepeccangan CS

$$= \frac{10 \times 0,00977}{(10-1)(10-2)(0,088)^3}$$

$$= 0,000$$
5. Menghitung nilai Log X

$$= \overline{\log X} + k (S \log X)$$

Dengan nilai k dapat dilihat pada tabel nilai k distribusi Log Pearson tipe III

Untuk periode ulang

6. Menentukan nilai anti Log dari Log X sebagai nilai curah hujan rancangan

Tabel 9. Nilai curah hujan rencana

kala ulang (tahun)	Peluang %	K	log X	Xrencana (mm)
2	50	0	1,905	80,45
5	20	0,842	1,980	95,54
10	10	1,282	2,019	104,51

Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus mononobe dan waktu konsentrasi dengan rumus kirpich, diperhitungkan untuk kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun dengan SIG dan cara manual.

Analisis intensitas hujan dengan SIG

Intensitas hujan yang diperhitungkan dengan rumus mononobe, memiliki dua komponen utama, yaitu curah hujan rancangan (X_{24}) dan waktu konsentrasi (t_c). Nilai curah hujan rancangan telah didapat dalam perhitungan curah hujan rancangan sebelumnya. Untuk menghitung waktu konsentrasi dengan rumus Kirpich, perlu diketahui nilai kemiringan rata-rata (s) dan panjang alur sungai yang ditinjau. Berikut tahapan dalam mencari nilai kemiringan dan panjang sungai dalam SIG :

1. Menghitung panjang alur sungai dan lintasan aliran yang ditinjau
2. Memetakan nilai kemiringan pada lintasan aliran
3. Membuat peta kemiringan dengan berdasar peta kontur dengan interval 12,5 m, Peta kontur dibuat dari data Fill hasil olah DEM sebelumnya, dengan *3d analyst -raster surface – contour*
4. Mengklasifikasi nilai kemiringan, *3d analyst –raster reclass – reclassify*. pilih *classify – classify method: (natural break) – number of class (20)*. Setelah proses reklasifikasi selesai tranformasikan data *raster* menjadi *shape file polygon*.
5. Overlay layer sungai yang telah dikalkulasi dan di merge sebelumnya dengan data polygon kemiringan untuk memperoleh segmen-segmen alur sungai dengan setiap kemiringan daerah yang dilalui. Gunakan analisis *overlay – intersect*
6. Menentukan kemiringan rata-rata alur sungaidan lintasan aliran diatas DAS , data hasil intersect anatara polyline jaringan sungai dan

polygon kemiringan, Slope rata-rata = jumlah (nilai kemiringan x panjang segmen)/ jumlah panjang segmen

7. Menghitung Nilai waktu konsentrasi (t_c) dihitung dengan rumus kirpich :

$$t_c = \frac{0,0195}{60} \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \text{ (jam)}$$

L = panjang sungai (m)

S = kemiringan, (m/m)

Tabel 10. Waktu konsentrasi aliran analisis SIG

JALUR LINTASAN	L (m)	S	\sqrt{S}	t_c (jam)
1	46063,63	0,010	0,102	7,355
2	17353,50	0,010	0,098	3,566
3	28695,72	0,012	0,108	4,878
4	34304,17	0,009	0,092	6,318
5	37751,55	0,009	0,095	6,683

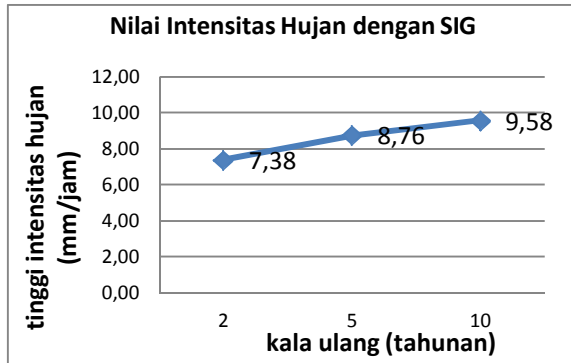
Terlihat, dalam tabel 4.29, bahwa waktu konsentrasi antara 3,566 jam hingga 7,355 jam. Waktu konsentrasi yang dipakai adalah waktu konsentrasi paling lama, yaitu pada jalur lintasan 1, dengan nilai waktu konsentrasi 7,355 jam.

8. mencari nilai intensitas hujan (I) digunakan rumus Mononobe, untuk hujan kala ulang 2 tahunan dengan waktu konsentrasi 7,352 jam

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{X_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \\
 &= \frac{80,46}{24} \left(\frac{24}{7,352} \right)^{2/3} \text{ (mm/jam)} \\
 &= 7,38 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

Tabel 11. Intensitas hujan (I) dengan SIG

KALA ULANG (tahun)	t _c (jam)	CURAH HUJAN RENCANA (mm)	I (mm/jam)
2	7,355	80,46	7,38
5	7,355	95,54	8,76
10	7,355	104,52	9,58



Gambar 10. Grafik intensitas hujan rancangan dengan SIG

Analisis Intensitas Hujan Secara Manual

cara konvensional yang digunakan untuk menentukan nilai intensitas hujan dan waktu konsentrasi menggunakan rumus yang sama seperti penggunaan SIG sebelumnya. Nilai S dan L diperoleh dengan analisis pengukuran gambar pada peta secara manual. untuk mendapatkan nilai S, perlu dihitung dengan mengukur panjang setiap alur sungai yang berpotongan dengan dua garis kontur dengan nilai elevasi berbeda dalam interval yang tetap.

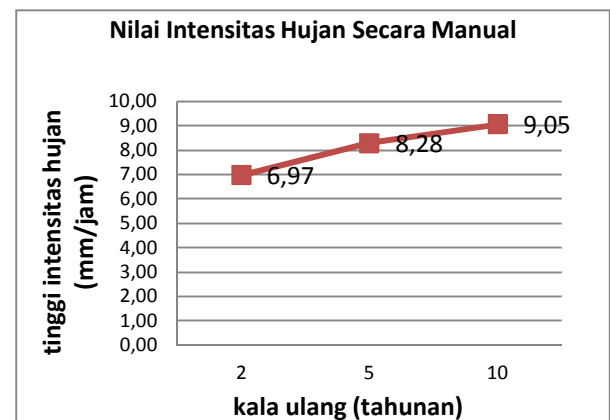
Tabel 12. Nilai waktu konsentrasi (T_c) dengan analisis manual

JALUR	L (m)	S RATA-RATA	\sqrt{S}	T _c (Jam)
1	46251,73	0,008	0,092	8,01
2	23167,76	0,013	0,114	3,96
3	37611,47	0,009	0,097	6,55
4	28538,71	0,009	0,095	5,38
5	25475,09	0,006	0,075	5,89

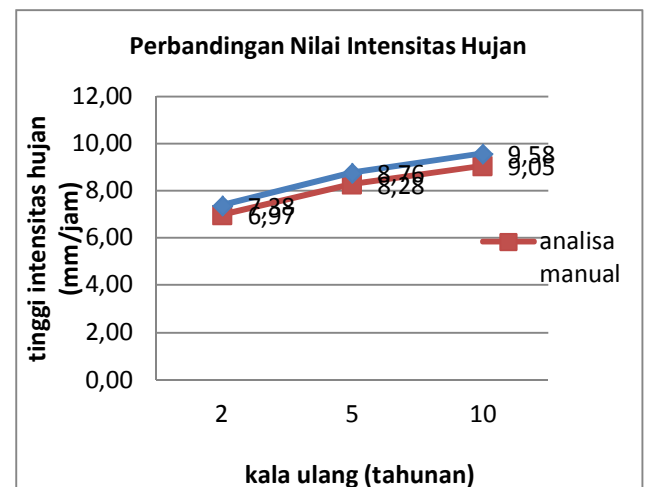
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa jalur sungai 1 memberikan nilai T_c terbesar yaitu 8,01 Jam dengan panjang lintasan 46251,73 M, dan kemiringan saluran rata-rata 0,008. Nilai T_c yang akan digunakan dalam menghitung Intensitas hujan digunakan nilai yang terbesar.

Tabel 13. Nilai I dengan analisis manual

KALA ULANG (tahun)	T _c (Jam)	CURAH HUJAN RENCANA (mm)	I (mm/Jam)
2	8,01	80,46	6,97
5	8,01	95,54	8,28
10	8,01	104,52	9,05

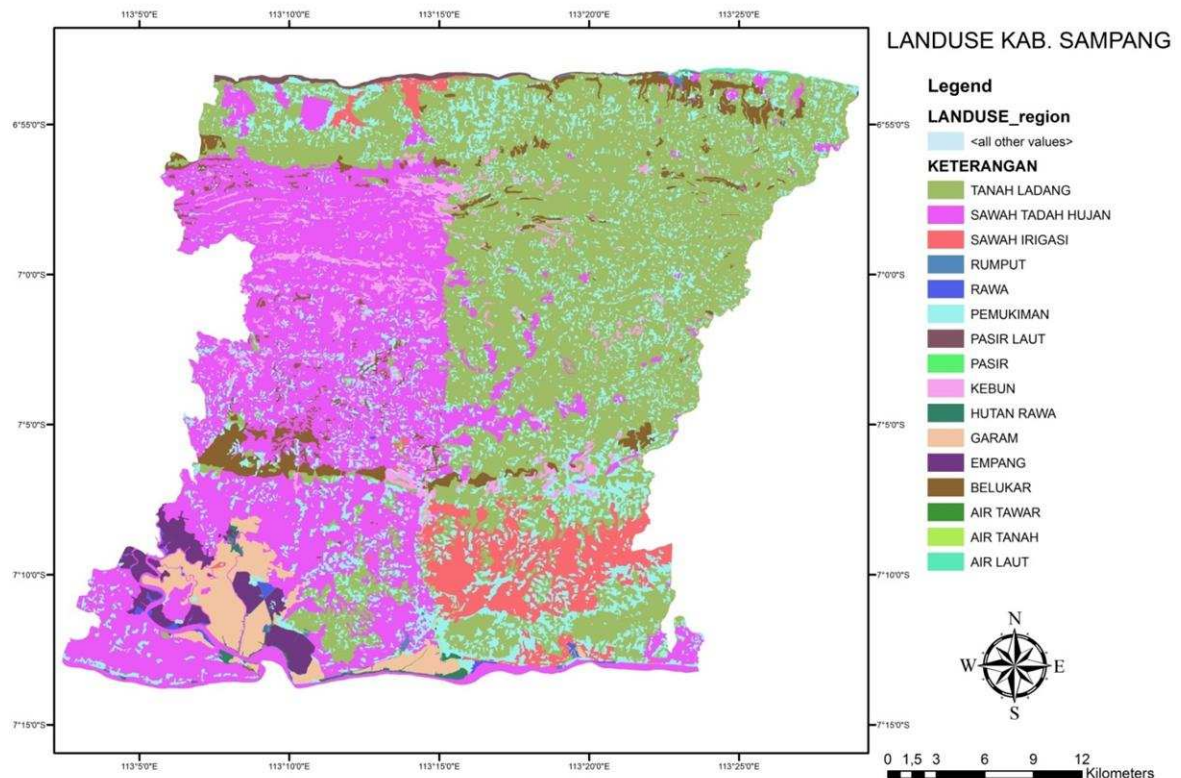


Gambar 11. Grafik intensitas hujan rancangan dengan analisis Manual



Gambar 12. Grafik perbandingan intensitas hujan rancangan dengan SIG dan manual

Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)



Gambar 13. Peta tata guna lahan Kabupaten Sampang

Koefisien pengaliran diperoleh berdasarkan tata guna lahan pada tabel 1 dan tabel 2. Data yang digunakan untuk memperoleh nilai koefisien limpasan adalah peta tata guna lahan Kabupaten Sampang periode tahun 2009-2029, yang dikeluarkan oleh dinas BAPPEDA Kabupaten Sampang.

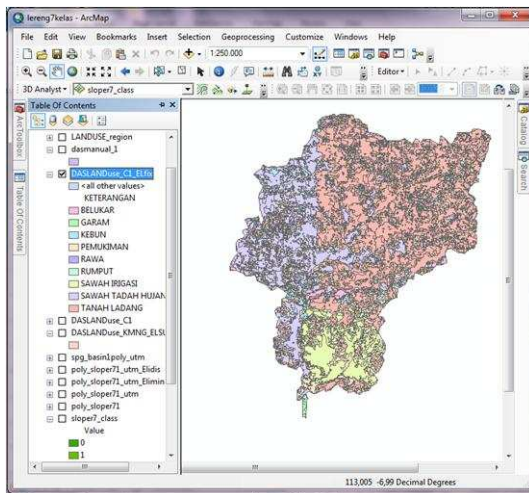
Analisis C dengan SIG

nilai C dengan SIG dieperoleh dengan melakukan analisis *overlay* tiga layer, yaitu layer DAS, Layer peta kemiringan lahan dan layer tata guna lahan. Data atribut hasil proses overlay memiliki kriteria tataguna lahan, kemiringan lahan dan luasan setiap tata guna lahan dan kemiringan yang

berbeda. Untuk menentukan nilai C, maka perlu dimasukkan nilai C sesuai dengan ketentuan yang ada pada tabel 1. dan 2.

Nilai C setiap jenis tata guna lahan dalam tabel 1 yang tidak memiliki kriteria kemiringan lahan perlu dipecah untuk mendapatkan interval antara nilai terkecil hingga nilai terbesar berdasarkan kelas kemiringan lahan sebagai input data atribut.

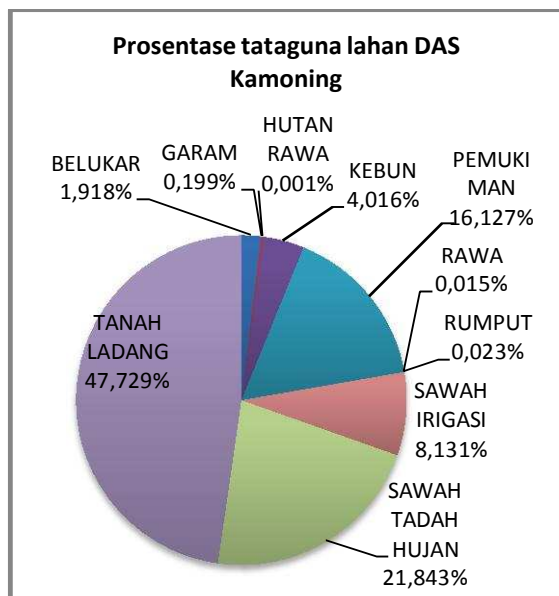
Dalam peta kemiringan lahan, kemiringan dikalsifikasikan menjadi delapan kelas secara berurutan dengan kode grid 0-7, yaitu 0-5%, 5-10%, 10-15%, 15-20%, 20-25%, 25-30%, 30-35%, dan >35%.



Gambar 14. Tampilan DAS kamoning dengan Tata guna lahan dan kemiringan pada Arc Map 10.1

Tabel 14. Nilai C rata-rata DAS Kamoning dengan SIG

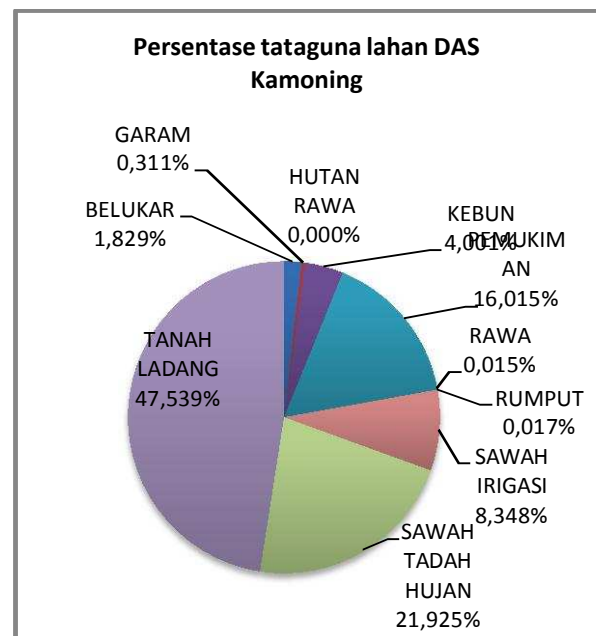
G.C	KODE	S	KETERANGAN	Ci	Ai (Km2)	Ci.Ai (Km2)
0	TL	0-5%	TANAH LADANG	0,3	1,8159	0,5447
....	815	94
....
7	TL	>35%	TANAH LADANG	0,5	0,0244	0,0122
					519	26
$\Sigma Ai (Km2) =$						397,78
$\Sigma(Ci \cdot Ai) (Km2) =$						182,36
C rata-rata =						0,4584
						39



Gambar 15. Diagram persentase luas tatguna lahan pada DAS kamoning dengan analisis SIG

Analisis C secara manual

Perhitungan nilai koefisien pengaliran rata-rata (C) dengan cara manual secara prinsip menggunakan analisis *overlay*. Peta yang digunakan dalam menentukan nilai koefisien pengaliran rata-rata (C), adalah peta tataguna lahan, peta kemiringan lahan hasil olah SIG, dan batas DAS yang telah di konversi dalam format *AutoCad drawing* (.dwg). Peta tata guna dan peta kemiringan lahan memiliki isi yang sama dengan peta yang digunakan dalam pengolahan SIG, dengan jenis dan kemiringan lahannya.



Gambar 15. Diagram persentase luas tatguna lahan pada DAS kamoning dengan analisis SIG

Setiap luasan yang dibatasi oleh garis kelas kemiringan lahan, jenis tata guna lahan dan batas DAS dihitung satu persatu dan hasilnya dicatat secara manual.

Nilai koefisien pengaliran rata-rata (C) DAS yang diperoleh dengan cara manual sebesar 0,459346.

Perhitungan Debit Limpasan (Q)

Perhitungan nilai debit akibat limpasan menggunakan rumus pada persamaan dalam rumus Metode Rasional. Nilai intensitas hujan (I) dan (C) merupakan nilai rata-rata dalam satu DAS. Hasil perhitungan debit limpasan dengan SIG dan manual dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Perhitungan nilai Q dengan SIG

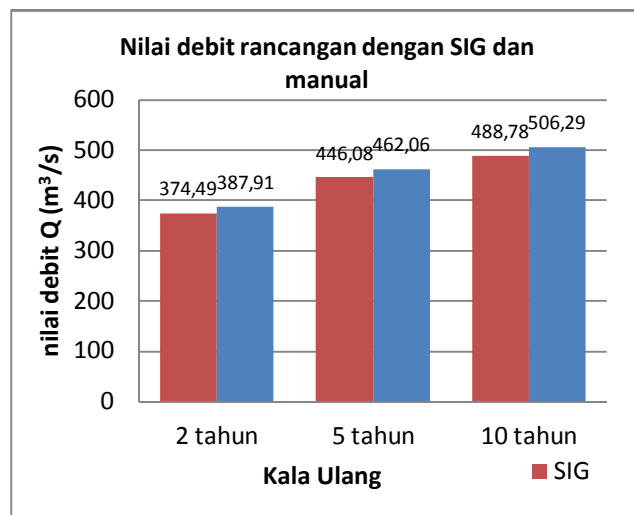
KALA ULANG (TAHUN)	A (Km ²)	I (mm/Jam)	C	Q(M ³ /S)
2	397,78	7,39	0,458	373,914
5	397,78	8,76	0,458	443,993
10	397,78	9,64	0,458	485,725

Tabel 16. Perhitungan nilai Q dengan cara manual

KALA ULANG (TAHUN)	A (Km ²)	I (mm/Jam)	C	Q(M ³ /S)
2	391	6,97	0,459	348,033
5	391	8,76	0,459	413,263
10	391	9,58	0,459	452,106

Tabel 17. Perbandingan nilai debit (Q) dengan SIG dan cara manual

KALA ULANG	Q (M ³ /s)		kr (%)
	GIS	MANUAL	
2 tahun	373,913	348,033	6,9213
5 tahun	443,993	413,263	6,9213
10 tahun	485,725	452,106	6,92131



Gambar 16. Grafik perbandingan nilai debit rancangan dengan SIG dan Manual

Perbandingan Proses Pengerjaan dengan SIG dan Manual

Berdasarkan proses perhitungan hingga mendapatkan nilai debit, penggunaan *software* SIG khususnya Arc Gis, ditemui beberapa kekurangan diantaranya :

1. Analisa yang digunakan dalam perhitungan ini hanya untuk data yang bersifat keruangan.
2. Software data hasil analisa yang ditampilkan sangat dipengaruhi oleh kualitas data masukan.
3. Software tidak dapat mendeteksi adanya kesalahan-kesalahan dalam memasukkan variabel-variabel hidrologi berdasarkan standar yang ada.
4. Sumber kesalahan yang sangat mungkin terjadi sebagai data masukan ArcGis, berupa, tahun penayangan peta, skala peta asal, dan proyeksi sistem koordinat peta asal yang tidak diketahui.

Tabel 18. Perbandingan proses pengerjaan dan hasil perhitungan dengan SIG dan manual

Kriteria Berdasarkan	SIG	Manual
Pengolahan peta		
Skala dan satuan	dapat diubah dan disesuaikan	tetap dan tidak berubah
Proyeksi sistem koordinat	<ul style="list-style-type: none"> • Terpadu • standar baku • memiliki datum global 	<ul style="list-style-type: none"> • tidak terpadu • satuan metrik • tidak memiliki datum global
Penyimpanan	<ul style="list-style-type: none"> • Digital 	<ul style="list-style-type: none"> • Digital
Analisis overlay	Meggunakan satu rangkaian perintah untuk seluruh pekerjaan (Arc Toolbox)	Meggunakan rangkaian perintah yang sama dan berulang dalam setiap aspek yang ditinjau
Analisis spasial	<ul style="list-style-type: none"> • input koordinat tidak perlu ditrasnformasikan • Eksekusi oleh program 	<ul style="list-style-type: none"> • Perlu mentransformasikan satuan koordinat • Eksekusi subjektif
Penayangan peta	<ul style="list-style-type: none"> • Format penayangan tersedia • Mudah dicetak dalam skala yang berbeda • Disain lebih menarik 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak memiliki format penayangan peta • Tidak dapat ditayangkan dalam skala yang berbeda
Pengecekan data atribut	Terhubung dengan data spasial	Tidak terhubung dengan data spasial
Penentuan batas DAS		
Sumber data topografi	<ul style="list-style-type: none"> • srtm 90 • batas Kabupaten 	<ul style="list-style-type: none"> • srtm 90 • garis kontur • aliran sungai • batas Kabupaten
Jenis data topografi	data raster	data vektor/garis
Metode yang digunakan	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis proximity/arah aliran 	<ul style="list-style-type: none"> • Penanda puncak bukit • Analisis garis kontur • Analisis alur sungai
Software utama	ArcGIS 10.1	Auto Cad 2010
Perhitungan luasan das	<ul style="list-style-type: none"> • satu rangkaian perintah untuk seluruh DAS 	<ul style="list-style-type: none"> • perintah kalkulasi dengan <i>men-tracing</i> batas-batas DAS
Hasil perhitungan luas das (km ²)	397,7	391

Tabel 19. Perbandingan proses pengerjaan dan hasil perhitungan dengan SIG dan manual (lanjutan)

Kriteria berdasarkan	SIG	Manual
Proses menentukan nilai intensitas hujan		
Data yang digunakan	<ul style="list-style-type: none"> Peta kemiringan/slope Peta jaringan sungai Koordinat stasiun penakar 	<ul style="list-style-type: none"> Peta kontur Peta jaringan sungai Koordinat stasiun penakar
Metode menentukan nilai s	Overlay (intersect)	Pengukuran alur sungai diantara garis kontur
Metode menentukan nilai L	Menggunakan serangkaian perintah (calculate geometries)	Pengukuran alur sungai dengan <i>men-tracing</i> garis sungai
Nilai tc (jam):	7,35	8,01
Nilai I (mm/jam): 2 th 5 th 10 th	<ul style="list-style-type: none"> 7,38 8,76 9,58 	<ul style="list-style-type: none"> 6,97 8,28 9,05
Proses menentukan nilai C rata-rata DAS		
Data yang digunakan	Peta tataguna lahan Peta kemiringan lahan Layer DAS	Peta tataguna lahan Peta kemiringan lahan Peta batas DAS
Proses overlay	Meng- <i>Intersect</i> layer DAS, layer kemiringan lahan, dan layer tataguna lahan dengan Arc Toolbox	Mengarsir perpotongan setiap kategori tataguna lahan dan kemiringan lahan yang berbeda dalam DAS yang ditinjau
Metode perhitungan luas tata guna lahan	satu rangkaian perintah untuk seluruh DAS	perintah kalkulasi luasan berulang-ulang pada setiap area perpotongan yang berbeda
Output data hasil perhitungan	tersimpan dan terpadu	tidak dapat menyimpan data hasil luasan
Nilai Q (m3/s)		
2 th 5 th 10th	<ul style="list-style-type: none"> 373,9137 443,9935 485,7253 	<ul style="list-style-type: none"> 348,033 413,263 452,106

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dalam proses perhitungan nilai debit rancangan yang telah dibahas sebelumnya :

1. DAS Kamoning memiliki area seluas $\pm 391 \text{ Km}^2$ yang didapat dari hasil perhitungan secara manual, dan seluas $\pm 397,8 \text{ Km}^2$ yang didapat dari hasil perhitungan dengan memanfaatkan SIG. Karakteristik DAS yang didapat dari kedua cara menunjukkan bahwa DAS memiliki

karakteristik kompleks, dengan bentuk yang terdiri dari beberapa sub DAS, dengan DAS paralel pada daerah hulu dan memiliki anak sungai yang berurutan pada daerah hilir.

2. Proses secara manual untuk menghitung nilai debit dengan metode rasional, memerlukan nilai dari tiga variabel, A, I dan C. data spasial yang digunakan untuk memperoleh nilai dari ketiga variabel berupa peta dengan skala dan sistem proyeksi yang telah disamakan. Setiap langkah untuk mendapatkan nilai dari tiga variabel adalah dengan memanfaatkan software *AutoCad* sebagai pengganti planimetri untuk mengukur secara langsung parameter-parameter hidrologi yang ada pada peta tanpa melibatkan sistem analisa dan perhitungan komputer. Analisa dilakukan secara subjektif untuk menentukan variabel yang berorientasi pada ketampakan alam dalam peta dan terpengaruh oleh ketelitian pengguna. Hasil pengukuran dan analisa yang berupa angka diolah secara tabular dan disajikan dengan *spread sheet*.
3. Proses perhitungan nilai debit dengan SIG Untuk mendapatkan nilai debit dengan metode rasional pada persamaan 2-1 memerlukan nilai dari tiga variabel, A, I dan C. Data spasial yang digunakan untuk mendapatkan ketiga nilai variabel berupa peta dan data DEM-SRTM dari sumber yang berbeda. Pengolahan input data, overlay, analisa hidrologi, dan pengukuran geometri dilakukan dengan memanfaatkan *Arc Toolbox* dan fasilitas lain yang terdapat pada program *ArcGIS 10.1*. hasil analisa dan perhitungan oleh ArcGIS dalam

bentuk angka, diolah dan disajikan dengan *spread sheet*.

4. Perbedaan yang mendasar dalam perhitungan nilai debit banjir menggunakan SIG dan cara manual terletak pada proses pengolahan peta, penentuan batas DAS, perhitungan intensitas hujan, dan perhitungan nilai koefisien tataguna lahan. perbedaan dalam hal proses pengolahan peta diurai berdasarkan skala dan satuan peta, sistem koordinat, penyimpanan, analisa overlay, analisa spasial, penyangan peta dan pengecekan data atribut. Perbedaan dari penentuan batas DAS, diuraikan berdasarkan sumber data topografi, jenis data topografi, metode analisa, software utama, perhitungan dan hasil perhitungan luas DAS. Perbedaan dalam perhitungan nilai intensitas hujan diuraikan berdasarkan data yang digunakan, metode untuk menentukan nilai L dan S, dan hasil perhitungan waktu konsentrasi (t_c) dan intensitas hujan (I). Perbedaan dalam menentukan nilai koefisien pegaliran rata-rata DAS, diurai berdasarkan data yang digunakan, proses overlay, metode perhitungan luas tataguna lahan, dan output data hasil perhitungan.
5. Debit banjir rancangan hasil perhitungan pada sungai Kamoning dengan cara manual untuk periode ulang 2 tahunan sebesar 348,034 M^3/d , sedangkan dengan menggunakan SIG diperoleh nilai debit sebesar 373,913 M^3/d . Nilai debit banjir dengan periode ulang 5 tahunan hasil perhitungan dengan cara manual diperoleh sebesar 413,263 M^3/d , sedangkan dengan SIG diperoleh sebesar 443,993 M^3/d . Nilai

debit banjir dengan periode ulang 10 tahunan hasil perhitungan dengan cara manual diperoleh sebesar 452,106 M³/d, sedangkan dengan SIG sebesar 485,725 M³/d. Nilai koefisien koreksi perbandingan nilai debit antara cara manual dan SIG sebesar 6,9 %.

Saran

Beberapa saran yang dapat dikemukakan berdasarkan hasil uraian sebelumnya, dalam menghitung debit banjir berbasis data spasial ialah :

1. Membuat pemodelan analisa hidrologi untuk memaksimalkan analisa Query atau perhitungan secara tabulasi dengan bahasa pemrograman yang telah disediakan dalam *software* ArcGIS 10.1, sehingga seluruh proses perhitungan dapat dilakukan dalam satu *software* dengan lebih cepat.
2. Penambahan parameter-parameter hidrologi yang lebih detail dan serupa dengan keadaan dilapangan untuk mendapat hasil analisa yang lebih akurat.
3. Menggunakan input data DEM dengan resolusi yang lebih tinggi agar mendapatkan hasil yang lebih akurat dan aktual.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. *Seamless Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) "Finished" 3 Arc Second (~90 meter)*. (on line), (<http://gis.ess.washington.edu>, diakses tanggal 20 juli 2014).
- Anonim. 2012. *Getting DEM from ASTER (~30m resolution) + importing it into ArcMap + georeferencing an image on top (e.g. satellite image, geological map)*. (online), (<http://www.geos.ed.ac.uk>, diakses 24 desember 2013)
- Kamiana, I Made. 2010. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Seyhan, Ersin. 1977. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Bandung : Nova.
- Subarkah, I. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma
- Takeda, K. (Eds.). 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Diterjemahkan oleh S. Sosrodarsono. Jakarta: PT. Pradnya Parmita.
- Wibowo, A. 2009. *Watershed Application using ArcGis*. Buku ajar tidak diterbitkan. Universitas Pertanian Bogor
- Wikipedia Foundation, Inc. 2014. *Strahler Number*. (online), (<http://en.wikipedia.org>, diakses 6 juni 2014)

¹ Mahasiswa program Sarjana Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya